

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-293562  
(P2002-293562A)

(43) 公開日 平成14年10月9日(2002.10.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト <sup>*</sup> (参考)
C 0 3 B 37/012		C 0 3 B 37/012	Z 2 H 0 5 0
G 0 2 B 6/00	3 7 6	G 0 2 B 6/00	3 7 6 Z 4 G 0 2 1
6/20		6/20	Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-96212(P2001-96212)

(22) 出願日 平成13年3月29日(2001.3.29)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(71) 出願人 000220103

株式会社アライドマテリアル  
東京都台東区北上野二丁目23番5号

(72) 発明者 長谷川 健美

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

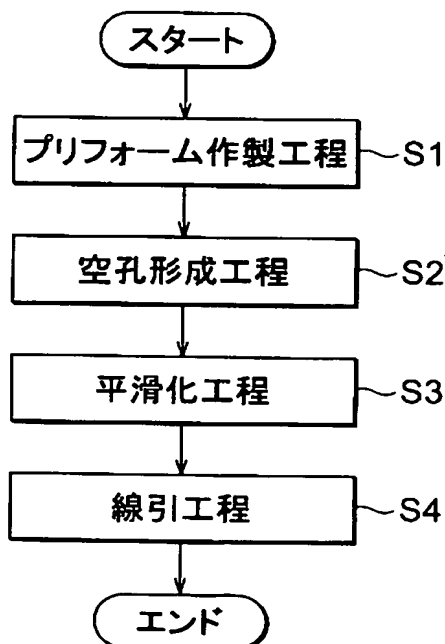
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 所望の副媒質占有率を有する微細構造光ファイバを実現すると共に、ファイバの伝送損失を低減し、製造コストを低減すること。

【解決手段】 軸方向に対して垂直な断面において、互いに屈折率の異なる主媒質と副媒質とを含み、副媒質からなる複数の領域が主媒質からなる領域の中に配置され、各領域が軸方向に伸び、全反射又はブラッグ反射によって軸方向に所定波長の光を導波する光ファイバの製造方法であって、光ファイバのプリフォームを作製するプリフォーム作製工程(ステップS1)と、棒状に形成された本体と、本体の先端に設けられた刃先と、本体の外周にらせん状に設けられた溝とを備えた穿孔工具を用いて、プリフォームに対し、軸方向に伸びる空孔を形成する空孔形成工程(ステップS2)と、空孔が形成されたプリフォームを線引する線引工程(ステップS4)とを含む構成を採る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 軸方向に対して垂直な断面において、互いに屈折率の異なる主媒質と副媒質とを含み、前記副媒質からなる複数の領域が前記主媒質からなる領域の中に配置され、前記各領域が軸方向に伸び、全反射又はブラッグ反射によって前記軸方向に所定波長の光を導波する光ファイバの製造方法であって、

前記光ファイバのプリフォームを作製するプリフォーム作製工程と、

棒状に形成された本体と、前記本体の先端に設けられた刃先と、前記本体の外周にらせん状に設けられた溝とを備えた穿孔工具を用いて、前記プリフォームに対し、軸方向に伸びる空孔を形成する空孔形成工程と、

前記空孔が形成されたプリフォームを線引する線引工程とを含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

【請求項2】 前記空孔形成工程は、前記形成された空孔の表面を平滑化する平滑化工程を含むことを特徴とする請求項1記載の光ファイバの製造方法。

【請求項3】 前記平滑化工程は、実質的に平滑な外周を備える研磨工具を用いて、前記空孔の表面を研磨する工程を含むことを特徴とする請求項2記載の光ファイバの製造方法。

【請求項4】 前記平滑化工程は、粒子状物質を前記空孔内に入れた状態で超音波を照射することにより、前記空孔の表面を平滑化する工程を含むことを特徴とする請求項2記載の光ファイバの製造方法。

【請求項5】 前記空孔形成工程は、前記穿孔工具又は前記プリフォームの少なくとも一方を回転させる手段と、前記穿孔に伴う前記穿孔工具と前記プリフォームの動作についての情報を格納する手段と、前記格納された情報に従って前記動作を制御する手段とを有する自動機械を用いることを特徴とする請求項1記載の光ファイバの製造方法。

【請求項6】 前記空孔形成工程は、前記プリフォームに対し、軸方向に長さが50mm以上の空孔を形成することを特徴とする請求項1記載の光ファイバの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、微細構造光ファイバ、あるいはフォトニッククリスタルファイバと呼ばれる光ファイバ（以下、「微細構造光ファイバ」という。）が知られている。この光ファイバは、軸に垂直な断面内に、シリカガラス等の主媒質で構成される領域と、空孔等の副媒質で構成される領域とを有している。この光ファイバは、J. C. Knight, et al., Optics Letters, vol. 21, no. 19, pp.

1547-1549（1996）に開示されている。この微細構造光ファイバでは、屈折率などの性質が主媒質と大きく異なる媒質を副媒質として導入することにより、副媒質を有さない光ファイバでは実現困難な特性を実現することができる。

【0003】例えば、径方向の屈折率変化の幅を実効的に大きくすることにより、絶対値の大きな波長分散や、小さなモードフィールド径を実現することができる。絶対値の大きな波長分散が実現されると、分散補償への応用に好適であり、小さなモードフィールド径が実現されると、非線形光学効果の利用に好適である。また、副媒質を含む領域の実効的な屈折率が光波長に依存する性質を用いて、広い単一モード動作帯域を実現することが可能となる。

【0004】微細構造光ファイバの製造方法は、USP 5, 802, 236に開示されている。すなわち、シリカ毛管をその一端で封止し、これを束ね、管束バンドルとする。その際、中心の毛管をシリカロッドで置換する。次に、シリカのオーバークラッド管を管束バンドル上に置き、これを管束バンドルへコラプスする。これにより得られたプリフォームを通常の線引炉の高温領域に入れて、毛管の非封止端を加熱し、ファイバに線引する。本明細書では、この方法をバンドル法と呼ぶ。

【0005】また、WO00/16141には、所定の形状を有するロッドを束ねる方法が開示されている。これもバンドル法と呼ぶ。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】（第1の課題）微細構造光ファイバでは、波長分散やモードフィールド径に関して所望の特性を持つ光ファイバを得るために、ファイバ断面における空孔占有率の分布を正確に制御することが重要である。ここで、空孔占有率とは、ファイバ断面内のある領域において、領域面積に対する空孔面積の比として定義される。

【0007】プリフォームからファイバへ線引する際、空孔占有率は変化しやすい。特に線引時の空孔内圧力に対して敏感である。このため、ファイバ断面における空孔占有率を制御するためには、線引時の空孔内圧力の制御が重要となる。

【0008】しかしながら、上記の従来のバンドル法では、線引時の空孔内圧力を有効に制御することが難しかった。すなわち、パイプをバンドルする場合、パイプが有する空孔の他に、パイプ同士の隙間による空孔が存在するからである。

【0009】ファイバにおいてパイプ同士の隙間が残らないようにするためには、パイプが有する空孔に対して選択的に圧力を加える必要がある。そのため、USP 5, 802, 236では、パイプが有する孔を封止して線引する方法が採られている。

【0010】しかし、この方法では、パイプが有する孔

の圧力を意図的に制御することができず、所望の空孔占有率を有するファイバを実現することが難しい。

【0011】一方、ファイバにおいて、パイプ同士の隙間が残るような構成を採る場合、パイプが有する空孔とパイプ同士の隙間の両方に圧力を与えることができる。しかし、この場合、パイプ同士の密着を保たないと、線引時に隙間の形状が変化し、隣り合う隙間同士が結合してしまう場合がある。

【0012】さらに、パイプ同士の密着を保つことは難しいため、所望の空孔占有率を有するファイバを実現することが難しい。

【0013】また、WO00/16141に開示されているバンドル法では、ロッド同士の隙間が空孔となる。しかし、元々分離していたロッドを組み合わせるため、ロッド同士の密着を保ったまま線引することは難しい。空孔内の圧力は、ロッド同士の隙間と密着する部分に同様に作用するため、ロッド同士の密着を保ったまま隙間が開くように線引することは難しい。従って、このバンドル法においても、空孔内の圧力制御を有効に行うことが難しいため、所望の空孔占有率を有するファイバを実現することが難しい。

【0014】(第2の課題) 微細構造光ファイバの製造方法における第2の課題は、不純物の付着である。従来のバンドル法では、パイプやロッドを束ねる工程において、パイプやロッドの表面に水や遷移金属などの不純物が付着しやすい。この工程で混入した不純物が最終的にファイバに残ると、伝送品質を劣化させるため、不純物を除去する必要がある。

【0015】しかし、バンドル法は、元々分離しているパイプやロッドを密着させるので、パイプやロッドが密着した部分やその周辺の表面に付着した不純物を除去することは極めて困難である。このため、伝送損失の低いファイバを製造することが困難である。

【0016】(第3の課題) 微細構造光ファイバの製造方法における第3の課題は、製造コストが大きいくことである。多数のパイプ、あるいはロッドを所定の配置に組み合わせる作業は、煩雑であって再現性が悪く、製造コストが大きくなる。

【0017】本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、所望の副媒質占有率を有する微細構造光ファイバを実現すると共に、ファイバの伝送損失を低減し、製造コストを低減することができる光ファイバの製造方法を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の光ファイバの製造方法の発明は、軸方向に対して垂直な断面において、互いに屈折率の異なる主媒質と副媒質とを含み、副媒質からなる複数の領域が主媒質からなる領域の中に配置され、各領域が軸方向に伸び、全反射又はブラッグ反射によって軸方向に所定波長の光を導波する光ファイ

バの製造方法であって、光ファイバのプリフォームを作製するプリフォーム作製工程と、棒状に形成された本体と、本体の先端に設けられた刃先と、本体の外周にらせん状に設けられた溝とを備えた穿孔工具を用いて、プリフォームに対し、軸方向に伸びる空孔を形成する空孔形成工程と、空孔が形成されたプリフォームを線引する線引工程とを含む構成を採る。

【0019】主媒質とは、光ファイバ中で1つの連続した領域として存在し、単独で光ファイバを構成することができる媒質である。典型的な主媒質は、シリカガラスである。一方、副媒質とは、光ファイバの断面内で主媒質に包囲された領域として存在し、単独で光ファイバを構成することが必ずしもできない媒質である。典型的な副媒質は、空気である。ここでは、真空も副媒質である。また、シリカガラスが、 $\text{GeO}_2$ やFなどの添加物濃度が異なる複数の部分からなる場合も、主媒質領域としては1つの領域とみなす。

【0020】プリフォーム作製工程では、VAD法、MCVD法、又はOVD法などの周知の方法を用いて一体構造をなすプリフォームを作製する。通常、プリフォームは円柱状をなす。

【0021】空孔形成工程では、棒状に形成された本体と、本体の先端に設けられた刃先と、本体の外周にらせん状に設けられた溝とを備えた穿孔工具を用いて、プリフォームに対し、軸方向に伸びる空孔を形成する。空孔の位置や大きさは、全反射又はブラッグ反射によって光が導波され、かつ所望の光導波特性が実現できるように選択される。

【0022】線引工程では、空孔が形成されたプリフォームの一端を加熱し、加熱された端部から線引を行う。線引されるプリフォーム内の空孔には、 $\text{N}_2$ やHeなどの不活性気体のほか、金属やポリマを充填することもできる。また、空孔内を真空とすることも可能である。

【0023】微細構造光ファイバにおいて、絶対値の大きな波長分散や広い単一モード帯域などの好ましい特性を実現するためには、光波長の数倍のオーダの微細構造を実現することが必要である。一方、光ファイバの強度や可撓性を向上させるためには、光ファイバの径を125 $\mu\text{m}$ 程度とすることが望ましい。従って、線引前のプリフォームにおいて、プリフォーム径の1/100から1/10のオーダの微細構造の実現が必要である。このため、空孔形成工程では、細い径の空孔を形成することが望ましい。通常、空孔の径が細くなるに従って、切削屑の詰まりによって、工具が破損する可能性が高くなり、歩留まり低下の要因となる。らせん状の溝を有する穿孔工具を用いることによって、切削屑の排出が容易になり、工具が破損する可能性が低減し、歩留まりを向上させることが可能となる。

【0024】空孔形成工程において形成された空孔の表面に存在する不純物は、気体や液体によるエッチングな

どによって、容易に除去できる。本発明では、従来のバンドル法とは異なって、一体構造を有するブリフォームに空孔を形成するため、不純物を除去すべき表面へ気体や液体が容易に到達できるからである。その結果、不純物の除去を効果的に行うことができ、光ファイバにおける不純物による伝送損失を抑制することが可能となる。

【0025】線引工程においては、ブリフォーム又は光ファイバの副媒質領域は、気体又は液体の状態にある。光ファイバの断面内における副媒質領域の占有率は、線引時の副媒質内の圧力に大きく依存する。従って、所望の副媒質占有率を有する光ファイバを実現するためには、副媒質内の圧力を制御する必要がある。本発明では、従来のバンドル法とは異なり、パイプやロッドの隙間や密着部といったものが存在しないため、副媒質内の圧力を効果的に制御することが可能である。その結果、光ファイバにおける副媒質占有率を所望の値に制御することが容易となる。

【0026】また、多数のパイプ或いはロッドを所定の配置に組み合わせる作業は煩雑であり、再現性が悪いのに対し、本発明では組み合わせる作業を要さないため、製造が容易であると同時に、再現性が高い。

【0027】請求項2記載の発明は、請求項1記載の光ファイバの製造方法において、空孔形成工程は、形成された空孔の表面を平滑化する平滑化工程を含む構成を採る。

【0028】通常、工具によって形成された空孔の表面は粗い。表面が粗いことにより、水や遷移金属などの不純物が付着する量が多くなるが、この表面を平滑化することによって不純物の付着する量を減少させることができる。その結果、不純物の除去が容易となる。

【0029】請求項3記載の発明は、請求項2記載の光ファイバの製造方法において、平滑化工程は、実質的に平滑な外周を備える研磨工具を用いて、空孔の表面を研磨する工程を含む構成を採る。

【0030】このように、空孔形成工程において形成された空孔の表面を、実質的に平滑な外周を備える研磨工具を用いて研磨する。この際、研磨工具によって空孔表面の凹凸を有する領域を除去することにより空孔の表面を平滑化することができる。また、研磨工具に中空部を設け、中空部を通じて液体を空孔内に流すことにより、切削屑を容易に排出することができ、工具の破損の可能性を減少させることができる。その結果、歩留まりが向上する。

【0031】請求項4記載の発明は、請求項2記載の光ファイバの製造方法において、平滑化工程は、粒子状物質を空孔内に入れた状態で超音波を照射することにより、空孔の表面を平滑化する工程を含む構成を採る。

【0032】これにより、空孔表面の粗さをさらに低減することができる。さらに、空孔が多数ある場合も、す

べての空孔の表面を一度に平滑化することができるため、作業時間を短縮することができる。

【0033】請求項5記載の発明は、請求項1記載の光ファイバの製造方法において、空孔形成工程は、穿孔工具又はブリフォームの少なくとも一方を回転させる手段と、穿孔に伴う穿孔工具とブリフォームの動作についての情報を格納する手段と、格納された情報に従って動作を制御する手段とを有する自動機械を用いる構成を採る。

10 【0034】穿孔のための情報を格納して、その情報に従って穿孔を行う自動機械により、大量の穿孔を自動で行うことができるため、生産コストの低減を図ることが可能となる。ここで、穿孔時に工具が破損する可能性が高い場合は、頻繁に設備の稼働を停止しなければならないため、自動機械による効果が得られない。本発明は、工具の破損の可能性を低減させることができるため、自動機械による穿孔にとって好適である。

【0035】請求項6記載の発明は、請求項1記載の光ファイバの製造方法において、空孔形成工程は、ブリフォームに対し、軸方向に長さが50mm以上の空孔を形成する構成を採る。

【0036】微細構造光ファイバにおいては、ブリフォームの径に比べて細い空孔を形成することが望ましい一方、延伸や線引などの工程を容易に行うために、ブリフォームの有効長は長い方が望ましい。本発明では、ブリフォームに対し、軸方向に長さが50mm以上の空孔を形成することにより、延伸や線引を容易に行うことが可能となる。

【0037】

30 【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。なお、各図において同一要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0038】図1は、本発明の実施の形態に係る光ファイバの製造方法の概略を示すフローチャートである。本実施の形態では、軸方向に対して垂直な断面に、主媒質領域と副媒質領域とが設けられ、各領域が軸方向に伸びる光ファイバの製造方法を示す。まず、光ファイバのブリフォームを作製する（ステップS1）。次に、棒状に形成された本体と、本体の先端に設けられた刃先と、本体の外周にらせん状に設けられた溝とを備えた穿孔工具を用いて、ブリフォームに対し、軸方向に伸びる空孔を形成する（ステップS2）。次に、形成された空孔の表面を平滑化し（ステップS3）、最後にブリフォームを線引する（ステップS4）。

【0039】図2は、空孔形成工程において使用する穿孔工具を示す図である。穿孔工具1は、棒状に形成された本体2と、本体2の先端に設けられた刃先3と、本体2の外周にらせん状に設けられた溝4とを備えている。

刃先3には、ダイヤモンド粉末が付着させられている。この穿孔工具1を用いて、プリフォームに対し、軸方向に伸びる空孔を形成する。空孔の位置や大きさは、全反射又はブラッグ反射によって光が導波され、かつ所望の光導波特性が実現できるように選択される。

【0040】このように、らせん状の溝4を有する穿孔工具1を用いることによって、切削屑の排出が容易になり、穿孔工具1が破損する可能性が低減し、歩留まりを向上させることが可能となる。

【0041】図3は、一体構造のプリフォームに穿孔工具を用いて空孔を形成する空孔形成工程を示す図である。図3中、X方向がプリフォーム又は光ファイバの軸方向となっている。

【0042】一体構造を有するプリフォーム20の組成は、純粋シリカガラスであり、プリフォーム20内で均一となっている。実施の形態では、プリフォーム20の形状は、直径68mm、高さ300mmの円柱とされている。このプリフォーム20は、プリフォーム作製工程において、例えば、VAD法などによって形成することができる。

【0043】空孔形成工程において、プリフォーム20に、穿孔工具1を用いて空孔21を形成する。空孔21の直径は3mm、深さは100mmであり、ピッチが5mmの六方格子配列で、合計36個の空孔21が形成される。図3に示すように、一体構造を有するプリフォーム20が固定され、穿孔工具1が図示しない駆動源からの駆動力を受けて回転しながら図3中X方向に下降し、空孔21が形成される。切削屑を除去するため、穿孔工具1には水流がかけられる。

【0044】このような空孔21の形成は、自動機械を用いて行われる。空孔21の形成は、穿孔工具1をYZ面内の方向で移動させて空孔21の位置を決定し、穿孔工具1をその軸の周りで回転させながらX軸方向に移動させることによって行われる。自動機械は、これらの運動に関する情報を格納する手段を備え、格納された情報に従ってこれらの運動を遂行し、空孔21を形成する。自動機械によれば、大量の穿孔を自動で行うことができるため、生産コストの低減を図ることが可能となる。ここで、穿孔時に工具が破損する可能性が高い場合は、頻繁に設備の稼働を停止しなければならないため、自動機械のメリットが得られない。本発明によれば、工具の破損の可能性を低減することができるため、自動機械によって穿孔を行うメリットを得ることができ、生産コストを低減することが可能となる。

【0045】微細構造光ファイバにおいては、プリフォームの径に比べて細い空孔を形成することが望ましい一方、延伸や線引などの工程を容易に行うために、プリフォームの有効長は長い方が望ましい。本発明によれば、プリフォームに対し、軸方向に長さが50mm以上の空孔、実施の形態では100mmの空孔を形成することが

できるため、延伸や線引を容易に行うことが可能となる。

【0046】図4は、空孔が形成されたプリフォームの断面図である。図4に示すように、プリフォーム20の中心付近には空孔21が設けられていない。このため、プリフォーム20の中心付近は、平均的な屈折率が高くなり、光ファイバ形成時に、コア領域となる。

【0047】次に、穿孔工具1によって空孔21が形成された後、平滑化工程において、空孔21の表面が平滑化される。通常、穿孔工具1によって形成された空孔21の表面は粗い。表面が粗いことにより、水や遷移金属などの不純物が付着する量が大きくなるが、この表面を平滑化することによって不純物の付着する量を抑制することができる。そのため、不純物の除去も容易となる。

【0048】図5は、研磨工具を示す図である。研磨工具40は中空の円筒体からなる中空部42を備え、外周41が実質的に平滑である。中空部42の先端部には、刃先43が設けられている。この研磨工具40を自動機械と共に使用する。研磨工具40によって、空孔21の表面における凹凸を有する領域が除去され、平滑化された表面を得ることができる。中空部42を通じて水などの液体を空孔内に流すことにより、切削屑が容易に排出され、切削屑詰まりによる工具の破損を防ぐことができる。

【0049】このように、空孔形成工程において形成された空孔の表面を、実質的に平滑な外周を備える研磨工具40を用いて平滑化する。この際、研磨工具40によって空孔表面の凹凸を有する領域を除去することにより空孔の表面を平滑化することができる。また、研磨工具40に中空部42を設けて、そこを通じて液体を空孔内に流すことにより、切削屑を容易に排出することができ、工具の破損の可能性を減少させることができる。その結果、歩留まりが向上する。

【0050】次に、粒子状物質としてダイヤモンド粉末と適当な溶媒を空孔21内に充填し超音波を照射することによって、空孔21の表面を平滑化する。これにより、空孔表面の粗さをさらに低減することができる。

【0051】次に、例えば、HF溶液によるエッチングとSF<sub>6</sub>ガスによるエッチングを行うことにより、空孔21の表面をさらに平滑化すると同時に、表面に付着した水などの不純物を除去することが可能となる。

【0052】次に、空孔21の表面の平滑化と清浄化が行われたプリフォーム20は、ファイバに線引される。図6は、線引工程を示す図である。加熱手段50によってプリフォーム20の先端部を加熱し、牽引手段51によってプリフォーム20に軸方向の張力を加えることにより、ファイバ52が線引される。このとき、プリフォーム20の加熱されていない方の端部を圧力制御のための配管53に接続することによって、線引時の空孔21

内部の圧力を調整することができる。その結果、所望の空孔占有率を有する光ファイバを得ることが可能となる。

【0053】線引された光ファイバは、 $125\mu\text{m}$ の径を有し、図4に示すプリフォーム20の断面形状と相似の断面形状を有する。この光ファイバは、空孔21が設けられていない中心部分がコア領域となり、コア領域の周囲で空孔21が設けられている領域がクラッド領域となる。平均的な屈折率は、クラッド領域よりもコア領域の方が高くなるため、コア領域に光を導波させることが可能となる。また、空孔21を導入したことによって、コア領域とクラッド領域との間に、従来よりも実効的に大きな屈折率変化を実現することができるため、約 $+70\text{ps/nm/km}$ の大きな波長分散を実現することができ、波長分散の補償に好適な光ファイバを提供することが可能となる。

【0054】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る光ファイバの製造方法は、軸方向に対して垂直な断面において、互いに屈折率の異なる主媒質と副媒質とを含み、副媒質からなる複数の領域が主媒質からなる領域の中に配置され、各領域が軸方向に伸び、全反射又はブラッグ反射によって軸方向に所定波長の光を導波する光ファイバの製造方法であって、光ファイバのプリフォームを作製するプリフォーム作製工程と、棒状に形成された本体と、本体の先端に設けられた刃先と、本体の外周にらせん状に設けられた溝とを備えた穿孔工具を用いて、プリフォームに対し、軸方向に伸びる空孔を形成する空孔形成工程と、空孔が形成されたプリフォームを線引する線引工程とを含む構成を採る。

【0055】このように、本発明では、らせん状の溝を有する穿孔工具を用いることによって、切削屑の排出が容易になり、工具が破損する可能性が低減し、歩留まりを向上させることが可能となる。また、従来のバンドル法とは異なって、一体構造を有するプリフォームに空孔\*

＊を形成するため、不純物を除去すべき表面へ気体や液体が容易に到達できる。その結果、不純物の除去を効果的に行うことができ、光ファイバにおける不純物による伝送損失を抑制することが可能となる。また、本発明では、パイプやロッドの隙間や密着部といったものが存在しないため、線引時に副媒質内の圧力を効果的に制御することが可能である。その結果、光ファイバにおける副媒質占有率を所望の値に制御することが容易となる。また、本発明では、多数のパイプ或いはロッドを組み合わせる作業を要しないため、製造が容易であると同時に、再現性が高い。

【0056】以上により、本発明に係る光ファイバの製造方法によれば、切削屑が詰まる可能性を低減し、歩留まりを向上させることができ、不純物の除去を容易にし、光ファイバの伝送損失を低減することができる。また、線引時の副媒質領域内の圧力を効果的に制御することができると共に、光ファイバにおける副媒質占有率の制御を容易にすることができる。さらに、光ファイバの製造を容易化し、再現性を向上させることができる。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る光ファイバの製造方法の概略を示すフローチャートである。

【図2】空孔形成工程において使用する穿孔工具を示す図である。

【図3】一体構造のプリフォームに穿孔工具を用いて空孔を形成する空孔形成工程を示す図である。

【図4】空孔が形成されたプリフォームの断面図である。

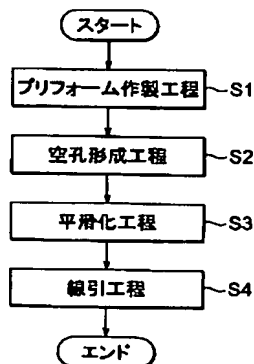
【図5】研磨工具を示す図である。

30 【図6】線引工程を示す図である。

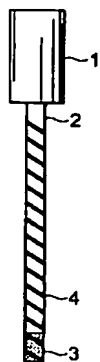
【符号の説明】

1…穿孔工具、2…本体、3…刃先、4…溝、20…プリフォーム、21…空孔、40…研磨工具、41…外周、42…中空部、43…刃先、50…加熱手段、51…牽引手段、52…ファイバ、53…配管。

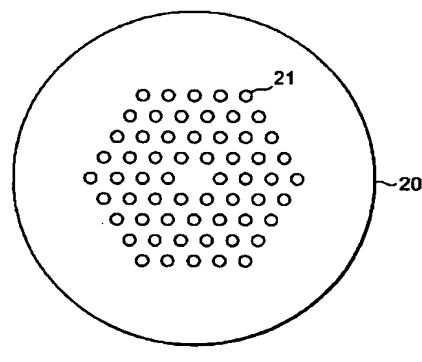
【図1】



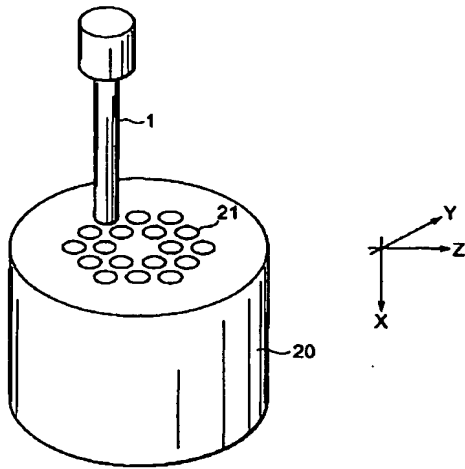
【図2】



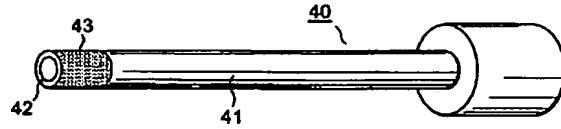
【図4】



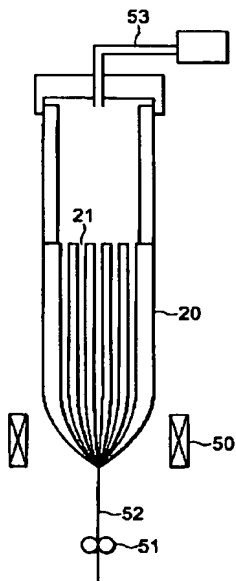
【図3】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 大西 正志  
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 山▲崎▼ 光  
大阪府堺市鳳北町二丁80番地 株式会社ア  
ライドマテリアル大阪製作所内

Fターム(参考) 2H050 AB04Z AC62 AD00  
4G021 BA00

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-293562

(43)Date of publication of application : 09.10.2002

(51)Int.Cl.

C03B 37/012

G02B 6/00

G02B 6/20

(21)Application number : 2001-096212

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD  
ALLIED MATERIAL CORP

(22)Date of filing : 29.03.2001

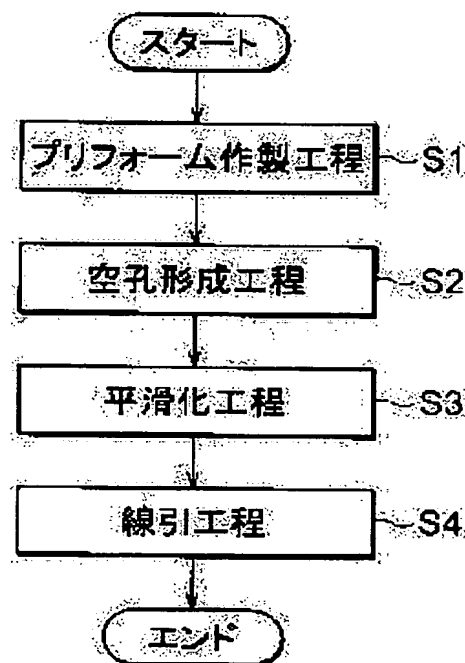
(72)Inventor : HASEGAWA TAKEMI  
ONISHI MASASHI  
YAMAZAKI HIKARI

## (54) METHOD FOR PRODUCING OPTICAL FIBER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for producing an optical fiber realizing a microstructure, having desirable occupancy rate of sub-medium, reducing transmittance loss of the fiber and reducing a manufacturing cost.

**SOLUTION:** This method for producing an optical fiber conducting light of a prescribed wave length in the axial direction through the total reflection or Bragg reflection comprises a main medium and a sub-medium. A plurality of regions comprising the sub-medium are arranged in a region comprising the main medium, wherein respective region extends in the axial direction. This method comprises the steps of a perform producing step (step S1) to produce a perform for the optical fiber, a void forming step (step S2) extending in the axial direction in the perform using a drilling tool provided with a rod-like main body, a cutting edge provided at a distal end of the main body, grooves spirally provide on the periphery of the main body and a drawing step (step S4) to draw the perform in which void is formed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]





**Japanese Patent Application Laid-open No. 2002-293562**

(11)Publication Number: 2002-293562

(43)Date of Publication: October 9, 2002

(21)Application No.: 2001-096212

(22)Application Date: March 29, 2001

---

[0038]

Fig. 1 is a flow chart illustrating an outline of a method for fabricating an optical fiber of an embodiment of the present invention. According to the present embodiment, there is provided a method for fabricating an optical fiber wherein a main medium region and a secondary medium region are provided in a cross section orthogonal to an axial direction, and each region extends in the axial direction. First, a preform optical fiber is fabricated (step S1). Next, air holes extending in an axial direction are formed in the preform by using a drilling tool comprising a main body which is formed in the shape of a rod, a cutting edge which is mounted on the end of the main body, and a groove which is provided in the outer periphery of the main body in spirals (step S2). Next, the surfaces of the formed air holes are smoothed (step S3). Finally, the preform is drawn to a fiber (step S4).

[0039]

Fig. 2 is a figure showing a drilling tool used in an air-hole formation process. The drilling tool 1 comprises a main body 2 which is formed in the shape of a rod, a cutting edge 3 which is mounted on the end of the main body 2, and a groove 4 which is provided in the outer periphery of the main body 2 in spirals. Diamond powder is adhered to the cutting edge 3. Air holes extending in an axial direction are formed in a preform by using this drilling tool 1. The location and size of the air holes are selected such that an optical wave can be guided by using total reflection or Blagg reflection, while desired optical waveguide characteristics can be achieved.

[0040]

As set forth above, by using the drilling tool 1 having the spiral groove 4, drill cuttings can be discharged easily, so that a possibility of breakage of the drilling tool 1 is lowered, thus leading to improvement of the yield.

[0041]

Fig. 3 is a figure illustrating an air-hole formation process for forming air holes in a preform having an integrated structure by using the drilling tool. In Fig. 3, the X-direction is the axial direction of the preform or that of an optical fiber.

[0042]

The preform 20 having the integrated structure is made of pure silica glass, which is homogeneous in the preform 20. In the present embodiment, the preform 20 is in the form of a cylinder having a diameter of 68 mm and a height of 300 mm. This preform 20 can be formed in a preform fabrication process by using e.g. vapor-phase axial deposition (VAD) etc.

[0043]

In the air-hole formation process, air holes 21 are formed in the preform 20 by using the drilling tool 1. The air holes 21 have a diameter of 3 mm and a depth of 100 mm. A total of 36 air holes 21 are arranged in a hexagonal lattice with a pitch of 5 mm. As shown in Fig. 3, the preform 20 having an integrated structure is fixed, so that the drilling tool 1 is applied with a driving force from a driving source not shown in the figure, and is lowered in the X-direction of Fig. 3 while rotating, thereby forming the air holes 21. In order to eliminate cutting rubbishes, a water stream is poured on the drilling tool 1.